

КОНЦЕПЦИЯ МЕТОДА КОМПЛЕКСНОЙ ФОТОТЕРАПИИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЕГО АППАРАТНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ*

Куличенко В.В., Чурсина А.И.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», кафедра «Промышленная и биомедицинская электроника»,
Украина, 61002, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21; тел.: +38 (057) 7076937

На сегодняшний день исследования в области медицины, фотобиологии и биохимии однозначно подтверждают тот факт, что электромагнитное излучение оптического диапазона (ЭМИ ОД) является эффективным регулятором биологических ритмов, оказывает терапевтическое действие [1-3].

Все аппараты с излучателями ЭМИ ОД с точки зрения способа воздействия на тело человека могут быть разделены на четыре основные группы: проникающие в полости и ткани, воздействующие на биологически активные точки, воздействующие на локальные участки тела, а также комплексно воздействующие на организм человека [4]. При этом под *комплексной фототерапией* следует понимать воздействие ЭМИ ОД на кожу, слизистые оболочки и через них – на подкожные ткани и жидкости организма (кровь и лимфа), на орган зрения и через него – на центральную нервную систему (ЦНС).

Аппараты, используемые в настоящее время в фототерапии, к сожалению, практически не могут быть использованы для проведения процедур комплексной фототерапии. Основными недостатками этих аппаратов являются: ограниченный спектр излучения, отсутствие модуляции излучения, ограниченные возможности регулирования мощности излучения, ограниченные возможности по использованию сканирующих режимов и облучения по программе, отсутствие контроля за физиологическим состоянием пациента и возможности автоматической корректировки параметров воздействия.

Основной целью данной работы является создание принципиально новых программно-аппаратных средств для комплексной фототерапии и наблюдения за изменением физиологических показателей человека в процессе облучения.

В комплексной фототерапии может быть использован весь спектр ЭМИ ОД: инфракрасное (ИК), видимое и ультрафиолетовое (УФ) излучение. Однако, при выборе длины волны для облучения следует учитывать, что взаимодействие ЭМИ ОД с биологическими тканями определяется его проникающей способностью и энергией фотонов [5].

Из ИК-области спектра для терапевтического воздействия используется лишь часть ближнего излучения (760-1500 нм). Такое излучение имеет наибольшую проникающую способность, которая при длине волны 950 нм достигает своего максимума и составляет 60-70 мм. Энергия фотонов этой части спектра невелика $[(1,6-2,4) \cdot 10^{-19} \text{ Дж}]$ и ее хватает только для увеличения энергии колебательных процессов биологических молекул. Происходящее при поглощении энергии ИК излучения образование тепла приводит к

повышению температуры кожных покровов и тканей. При этом возникает сосудистая реакция как результат непосредственного действия тепла и возбуждения терморецепторов, импульсы от которых поступают в терморегуляционные центры и вызывают терморегуляторные реакции. Наряду с тепловым действием ближнее ИК-излучение может вызвать слабый фотохимический эффект. Под его влиянием изменяется чувствительность кожи – повышается тактильная чувствительность и снижается болевая.

Видимое излучение, представляющее собой совокупность различных цветов и цветовых оттенков, составляет узкий участок спектра ЭМИ ОД с длиной волны от 400 нм до 760 нм. Глубина проникновения такого излучения нарастает при переходе от фиолетового (до 1 мм) до красного (порядка 20-30 мм) излучения. Энергия фотонов видимого излучения $[(3,2-6,4) \cdot 10^{-19} \text{ Дж}]$ способна вызвать электронное возбуждение биологических молекул и фотолитическую диссоциацию.

Основное действие видимого излучения проявляется в различных психофизиологических эффектах, связанных с адаптационными и биофизическими особенностями цветового зрения человека. В их основе лежит неодинаковая глубина проникновения видимого излучения разных цветов в сетчатку. Она максимальна для красного излучения, которое проникает через всю склеру и взаимодействует с большим количеством нейронов сетчатки, изменяя их импульсную активность. Напротив, излучение синего и фиолетового цветов практически полностью поглощается сетчаткой глаза. Следовательно, рассмотренные психоэмоциональные процессы лишь отчасти реализуются через сетчатку. Видимое излучение через оптическую фокусирующую систему может проникать в глубь головного мозга и оказывать прямое воздействие на нервные проводники зрительного нерва и ядра зрительных бугров. Это обуславливает возможность активации корковых процессов и вегетативных (парасимпатических) центров ствола мозга.

При воздействии видимого излучения на кожу происходит выделение тепла, которое изменяет импульсную активность термочувствительных волокон кожи, активирует сегментарно-рефлекторные и местные реакции микроциркуляторного русла и усиливает метаболизм облучаемых тканей. Вызываемые видимым излучением конформационные перестройки элементов дермы активируют иммуногенез кожи и гуморальную регуляцию обменных процессов в организме путем индукции выделения гормонов гипофиза.

В лечебной практике используется длинноволновое (320-400 нм), средневолновое (280-320 нм) и частично коротковолновое (250-280 нм) УФ излучение. Такое излучение проникает в кожу и слизистые оболочки на глубину до 0,7-0,8 мм, однако его фотоны обладают энергией $[(6,4-9,6) \cdot 10^{-19} \text{ Дж}]$ достаточной даже для ионизации молекул и разрушения ковалентных связей. В результате поглощения фотона УФ излучения атомы и молекулы тканей переходят в возбужденное состояние, характеризующееся переходами электронов с одной орбиты на другую. В возбужденном состоянии молекула находится около 10^{-8} с , после чего она возвращается в исходное состояние. Выделяющаяся при этом энергия инициирует фотохимические процессы, прежде

всего в наиболее чувствительных к УФ-излучению ДНК и РНК, белковых молекулах. Это приводит к разрыву слабых связей в молекуле белка, образованию свободных радикалов, распаду сложных молекул на более простые (фотолиз белка). В результате этих процессов высвобождаются биологически активные вещества (ацетилхолин, гистамин, простагландин и др.), повышается активность ряда ферментов (пероксидазы, гистаминазы, тирозиназы и др.). Происходит неспецифическая протеинотерапия, проявляющаяся изменением жизнедеятельности органов и систем организма, стимуляцией его защитных механизмов и функций эндокринных желез.

В лаборатории биомедицинской электроники НТУ «ХПИ» выполняется разработка проекта по созданию программно-аппаратных средств для комплексной фототерапии и наблюдения за изменением физиологических показателей человека в процессе облучения.

Схема программно-аппаратного комплекса, состоящего из фотонного излучателя, комплекта датчиков физиологических показателей, системы управления (СУ) и персонального компьютера (ПК), приведена на рис. 1.

Фотонный излучатель представляет собой поле сегментов $n \times k$. Каждый сегмент содержит несколько источников ЭМИ ОД с различной длиной волны. Задание режима работы сегмента осуществляется с помощью микроконтроллера, который конструктивно совмещен с источниками излучения. Для обеспечения согласованного управления всеми сегментами излучателя, каждый сегмент подключается к СУ по общему каналу связи и линии электропитания. По каналу связи данные от СУ поступают на микроконтроллеры всех сегментов поля, где происходит их селективная выборка по номеру строки i и столбца j .

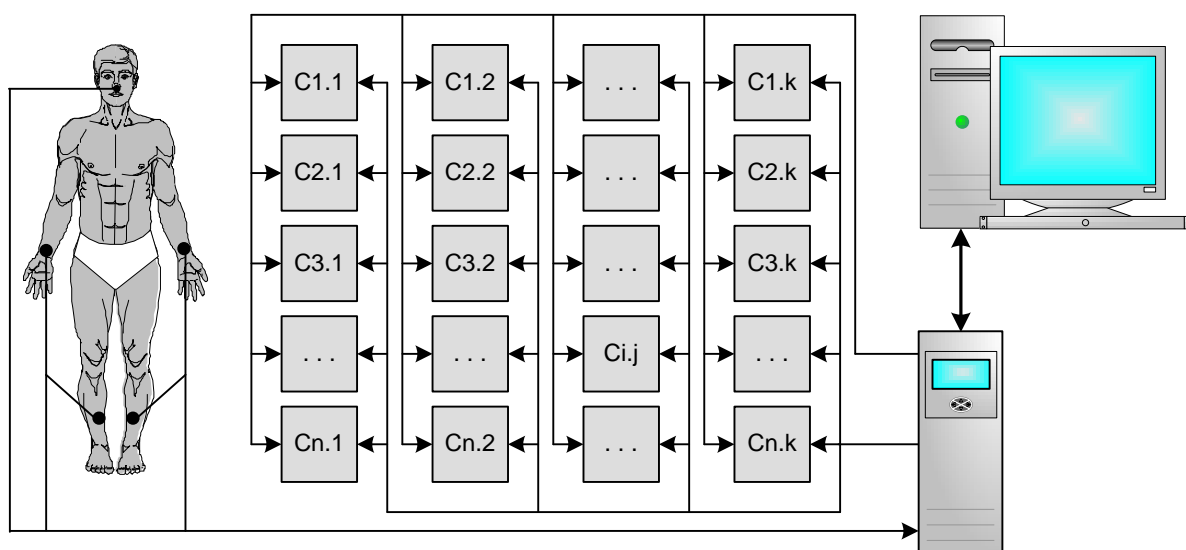


Рис. 1. Схема программно-аппаратного комплекса

Система датчиков позволяет осуществлять мониторинг изменений ритмических процессов организма пациента в процессе облучения. Для измерения частоты сердечных сокращений используются электрокардиографи-

ческие электроды, а для измерения частоты дыхания – датчик на основе термосопротивления. Информация о частоте сердечных сокращений и частоте дыхания выводится на дисплей СУ не реже одного раза в секунду.

СУ программно-аппаратного комплекса обеспечивает его работу в следующих режимах:

- непрерывный, с возможностью выбора длины волны излучения или комбинации длин волн и регулирования мощности излучения;
- импульсный, с возможностью выбора длины волны излучения или комбинации длин волн, задания частоты модуляции и регулирования мощности излучения;
- сканирующие (по частоте модуляции, по длине волны, по зонам излучения, по мощности излучения), с возможностью задания периода сканирования;
- биосинхронизации (синхронизация длины волны излучения с дыхательными актами и мощности излучения с частотой сердечных сокращений).

Для обеспечения более широких возможностей по выбору и заданию параметров воздействия, включая излучение с изменяющимися по определенной программе параметрами, предназначен ПК. Кроме того, на экране его монитора во время проведения процедуры отображаются параметры воздействия и изменения физиологических показателей пациента.

В заключение следует отметить, что реализация указанного проекта позволит создать принципиально новые методики комплексной фототерапии, способные решать задачи по лечению, реабилитации и профилактике различных заболеваний.

Литература

1. С.А. Гуляр, Ю.П. Лиманский, З.А. Тамарова. Боль и цвет: лечение болевых синдромов цветным поляризованным светом. Киев – Донецк: изд-во БИОСВЕТ, 2004. 122с.
2. Москвин С.В. Эффективность лазерной терапии. –М.: НПЛЦ «Техника», 2003. – 255 с.
3. Паньямента Н. Цветопунктура для детей. – СПб: Питер Паблишинг, 1998. – 160 с.
4. Сокол Е.И., Кипенский А.В., Куличенко В.В., Коробов А.М. Фотонный полихромный безультрафиолетовый солярий для комплексной фототерапии с двухпроцессорной системой импульсного управления. // Технічна електродинаміка. Київ: ІЕД НАНУ. – 2008. Силова електроніка та енергоефективність. – Ч. 4.
5. Боголюбов В.М., Пономаренко Г.Н. Общая физиотерапия: Учебник. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Медицина, 1999. – 432 с.

* Работа выполнена под руководством проф. А.В. Кипенского